

新世纪高等院校电气信息类系列教材

单片机原理与应用

赵德安 等编著

机械工业出版社

本书全面系统地讲述了 8051 系列单片机的基本结构和工作原理、基本系统、指令系统、汇编语言程序设计、并行和串行扩展方法、人机接口,以及单片机的开发应用等方面的内容,并结合单片机的网络化、多功能化的发展趋势,补充了 I²C 和 SPI 等串行数据总线接口,以及片内资源丰富的高速 8051 单片机。每章都附有习题,供读者课后练习。附录中还列出了单片机应用资料的网上查询方法等内容。

全书内容自成体系,语言通俗流畅,结构合理紧凑。既可作为高等院校单片机课程的教材,也可作为相关电子技术人员的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

单片机原理与应用 赵德安等编著 北京:机械工业出版社, 2004

(21 世纪高等院校电气信息类系列教材)

北京:机械工业出版社, 2004

I ④单... II ④赵... III ④单片微型计算机 高等学校教材 IV ④TP312.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 123456 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:时 静 版式设计:张世琴

责任印制:洪汉军 责任校对:姚培新

北京京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2004 年 1 月第 1 版 第 1 次印刷

开本:185mm×260mm 1/32 印张:12.5 字数:320千字

印数:1-5000册

定价:19.80元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68995196 网址:www.cmpbook.com

封面无防伪标均为盗版

前 言

单片微型计算机简称单片机，是典型的嵌入式微控制器。单片机具有集成度高，功能强，结构简单，易于掌握，应用灵活，可靠性高，价格低廉等优点，在工业控制、机电一体化、通信终端、智能仪表、家用电器等诸多领域中得到了广泛应用，已成为传统机电设备升级为智能化机电设备的重要手段。因此高等理工院校师生和工程技术人员了解和掌握单片机的原理和应用技术是十分必要的。

本书以单片机经典体系结构的 8051 系列为背景机，系统地介绍了单片机的发展概况和基本结构、工作原理、基本系统、指令系统、汇编语言程序设计、并行扩展和串行扩展方法、人机接口，以及单片机的开发应用等方面的内容，同时结合单片机网络化、多功能化的发展趋势，补充了 I²C、SPI 等串行数据总线接口，以及片内资源丰富的高速 8051 单片机 8051F 系列。每章都附有习题，供读者课后练习。附录中还列出了单片机应用资料的网上查询方法等内容。

本书第 1 章由盛占石编写，第 2 章由赵德安编写，第 3 章由周重益编写，第 4 章由张建生编写，第 5 章由鲍可进编写，第 6 章由周重益、赵文祥共同编写，第 7 章由潘天红、赵德安共同编写。全书由赵德安统一整理。李金伴教授认真审阅了部分书稿，提出了指导性的建议和中肯的意见。

在编写过程中，我们参考了有关书刊、资料，在此对有关作者一并表示感谢。

由于水平有限，书中不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

目 录

| | | |
|-------------------|---|---|
| 前言 | 猿 | 猿 |
| 第 猿章 绪论 | 猿 | 猿 |
| 猿 单片机的的发展概况 | 猿 | 猿 |
| 猿 单片机的的发展历史 | 猿 | 猿 |
| 猿 典型的单片机产品 | 猿 | 猿 |
| 猿 单片机的应用领域和应用方式 | 猿 | 猿 |
| 猿 习题 | 猿 | 猿 |
| 第 源章 单片机的基本结构与工作 | 猿 | 猿 |
| 原理 | 猿 | 猿 |
| 猿 系列单片机总体结构 | 猿 | 猿 |
| 猿 单片机的引脚描述 | 猿 | 猿 |
| 猿 单片机的硬件资源 | 猿 | 猿 |
| 猿 单片机的片外总线结构 | 猿 | 猿 |
| 猿 单片机时钟电路及 悦的工作时序 | 猿 | 猿 |
| 猿 时钟电路 | 猿 | 猿 |
| 猿 悦的工作时序 | 猿 | 猿 |
| 猿 单片机存储器分类及配置 | 猿 | 猿 |
| 猿 程序存储器 | 猿 | 猿 |
| 猿 数据存储器 | 猿 | 猿 |
| 猿 悦型单片机的低功耗工作方式 | 猿 | 猿 |
| 猿 空闲方式 | 猿 | 猿 |
| 猿 掉电方式 | 猿 | 猿 |
| 猿 节电方式的应用 | 猿 | 猿 |
| 猿 习题 | 猿 | 猿 |
| 第 猿章 单片机的指令系统 | 猿 | 猿 |
| 猿 指令格式 | 猿 | 猿 |
| 猿 汇编指令 | 猿 | 猿 |
| 猿 常用的缩写符号 | 猿 | 猿 |
| 猿 伪指令 | 猿 | 猿 |
| 猿 寻址方式 | 猿 | 猿 |
| 猿 寄存器寻址 | 猿 | 猿 |
| 猿 立即寻址 | 猿 | 猿 |
| 猿 直接寻址 | 猿 | 猿 |
| 猿 寄存器间接寻址 | 猿 | 猿 |
| 猿 基寄存器加变址寄存器间接寻址 | 猿 | 猿 |
| 猿 相对寻址 | 猿 | 猿 |
| 猿 位寻址 | 猿 | 猿 |
| 猿 指令的类型、字节和周期 | 猿 | 猿 |
| 猿 指令系统的结构及分类 | 猿 | 猿 |
| 猿 指令的字节和周期 | 猿 | 猿 |
| 猿 数据传送指令 | 猿 | 猿 |
| 猿 一般传送指令 | 猿 | 猿 |
| 猿 累加器专用数据交换指令 | 猿 | 猿 |
| 猿 算术运算指令 | 猿 | 猿 |
| 猿 加减指令 | 猿 | 猿 |
| 猿 乘法和除法指令 | 猿 | 猿 |
| 猿 逻辑运算指令 | 猿 | 猿 |
| 猿 累加器 粤的逻辑运算指令 | 猿 | 猿 |
| 猿 两个操作数的逻辑运算指令 | 猿 | 猿 |
| 猿 单位变量逻辑运算指令 | 猿 | 猿 |
| 猿 双位变量逻辑运算指令 | 猿 | 猿 |
| 猿 控制转移指令 | 猿 | 猿 |
| 猿 无条件转移指令 | 猿 | 猿 |
| 猿 条件转移指令 | 猿 | 猿 |
| 猿 子程序调用和返回指令 | 猿 | 猿 |
| 猿 习题 | 猿 | 猿 |
| 第 源章 单片机的其他片内功能 | 猿 | 猿 |
| 部件 | 猿 | 猿 |
| 猿 并行 悦口 | 猿 | 猿 |
| 猿 孕口 | 猿 | 猿 |
| 猿 孕口 | 猿 | 猿 |
| 猿 孕口 | 猿 | 猿 |
| 猿 孕口 | 猿 | 猿 |
| 猿 孕口 | 猿 | 猿 |
| 猿 定时器 计数器 | 猿 | 猿 |
| 猿 定时器的一般结构和工作原理 | 猿 | 猿 |

第 4 章 绪 论

4.1 单片机的发展概况

随着第一台电子计算机的诞生，引发了一场数字化的技术革命。如果说当初计算机的出现纯粹是为了解决日益复杂的计算问题，那么现在计算机的应用已无处不在了。随着大规模集成电路技术的不断进步，微型计算机（也称个人计算机，简称 PC 机）在办公自动化方面得到广泛应用；另一方面将微处理器、存储器和外围设备集成到一块芯片上形成的单片机（简称 MCU，Microcontroller Unit），则在控制领域大显身手。单片机可以装入到各种智能化产品之中，所以又称为嵌入式微控制器（简称 MCU，Microcontroller Unit）。

4.2 单片机的发展历史

单片机的发展可以分为三个阶段：

20 世纪 70 年代为单片机发展的初级阶段。以 Intel 公司的 80C01 系列单片机为典型代表，在一块芯片内含有 CPU、并行口、定时器、ROM 和 RAM 存储器，这是一种真正的单片机。这个阶段的单片机因受集成电路技术的限制，CPU 指令系统功能相对较弱、存储器容量小、外围部件种类和数量少，只能用在比较简单的场合，而且价格相对较高，单片机的应用未引起足够的重视。

20 世纪 80 年代为高性能单片机的发展阶段。以 Intel 公司的 80C161 系列单片机为典型代表，出现了不少 16 位或 32 位的单片机，这些单片机的 CPU 和指令系统功能加强了，存储器容量显著增加，外围部件品种多、数量大，有的包含了 I/O 之类的特殊部件。单片机应用得到了推广，典型单片机开始应用到各个领域。

20 世纪 90 年代至今为单片机的高速发展阶段。世界上著名的半导体厂商都重视新型单片机的研制、生产和推广。单片机性能不断地完善，性能价格比显著提高，种类和型号快速增加。从性能和用途上看，单片机正朝着面向多层次用户的多品种多规格方向发展，哪一个应用领域前景广阔，就有这个领域的特殊单片机出现。既有特别高档的单片机，用于高级家用电器、掌上电脑、复杂的实时控制系统等领域，又有特别廉价、超小型、低功耗单片机，用于智能玩具等消费类应用领域。对应用单片机的技术人员来说，选择单片机有了更大的自由度。

4.3 典型的单片机产品

本节将介绍世界上一些著名的半导体厂商典型的单片机产品，以使读者对目前的单片机产品有个大概的了解，在开发单片机应用系统时，为读者选择单片机提供参考。

4.3.1 Intel 公司的单片机

Intel 公司是最早推出单片机的大公司之一，其产品有 80C01、80C02 和 80C03 三大系

列几十个型号的单片。目前 阿莫公司 已不再推出新品种的单片，但 阿莫公司 阿莫系列单片机的结构为其他一些大公司所采纳，它们推出了许多适用于不同场合的新型的 缘系列单片，使这个系列的单片仍被广泛应用。表 员 列出了 阿莫公司 阿莫系列单片机的特性。

表 员 典型的 阿莫系列单片特性

| 型 号 | 阿莫 | 阿莫 | 时钟频率 | 阿莫 | 定时器 | 串行口 | 中断源 | 其他主要特性 |
|-----|----|----|-------|----|-----|-----|-----|-----------------------|
| | 辘 | 辘 | 辘 | 辘 | 辘 | 辘 | 辘 | |
| 阿莫 | — | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | — |
| 阿莫 | 源 | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | 保密 阿莫，一级保密位，二级保密位 |
| 阿莫 | 源 | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | |
| 阿莫 | 辘 | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | |
| 阿莫 | 辘 | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | |
| 阿莫 | — | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | |
| 阿莫 | 愿 | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | 三个定时辘数器，三个定时辘数器，三级保密位 |
| 阿莫 | 辘 | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | |
| 阿莫 | 辘 | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | |
| 阿莫 | — | 阿莫 | 阿莫-阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | 节电方式，二级保密位 |
| 阿莫 | 源 | 阿莫 | 阿莫-阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | |
| 阿莫 | 源 | 阿莫 | 阿莫-阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | |
| 阿莫 | 辘 | 阿莫 | 阿莫-阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | |
| 阿莫 | 愿 | 阿莫 | 阿莫-阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | |
| 阿莫 | 愿 | 阿莫 | 阿莫-阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | 可编程计数器阵列 (阿莫) |
| 阿莫 | 辘 | 阿莫 | 阿莫-阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | |
| 阿莫 | 愿 | 阿莫 | 阿莫-阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | |
| 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫-阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | 可编程计数器阵列 (阿莫) 辘编程时钟输出 |
| 阿莫 | 辘 | 阿莫 | 阿莫-阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | |
| 阿莫 | — | 阿莫 | 阿莫-阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | 加减计数器 阿莫 |
| 阿莫 | 愿 | 阿莫 | 阿莫-阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | |
| 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫-阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | |
| 阿莫 | 辘 | 阿莫 | 阿莫-阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | |
| 阿莫 | 辘 | 阿莫 | 阿莫-阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | |
| 阿莫 | — | 阿莫 | 阿莫-阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫辘阿莫和用户定义多规约串行口 |
| 阿莫 | — | 阿莫 | 阿莫-阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | |
| 阿莫 | — | 阿莫 | 阿莫-阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | |
| 阿莫 | — | 阿莫 | 阿莫-阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | |
| 阿莫 | 愿 | 阿莫 | 阿莫-阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | 阿莫 | |

注：表格中的“—”表示无此项功能，符号“辘”和“辘”分别表示该栏中的第二和第三项。以下表格同。

(续)

| 型 号 | 砸云转名砸云 转名转 轴 | 砸云 轴 | 转名砸云 轴 | 时钟频率 轴 | 砸云 口线 | 定时器 | 串行口 | 中断源 | 其他主要特性 |
|------|--------------------|---------|-----------|-----------|----------|-----|-----------------|-----|--------------|
| 转名转名 | 转名转名 | 转名 | — | 源 | 转名 | 源 | 转名 转名, 转名 转名 | 转名 | 转名 转名 转名, 转名 |
| 转名转名 | 转名转名 | 转名 | — | 源 | 转名 | 源 | 转名 转名, 转名 | 转名 | 转名 转名 转名, 转名 |
| 转名转名 | 转名转名 | 转名 | — | 源 | 转名 | 源 | 转名 转名, 转名 | 转名 | 转名 转名 转名, 转名 |

转名转名公司的单片机

转名转名公司有转名转名系列源位单片机, 转名转名 转名转名 转名转名 转名转名 转名转名系列愿位单片机, 转名转名系列转名转名单片机。这些单片机不但转名和指令系统的功能强, 而且片内外围部件丰富, 提供汇编语言和转名转名语言的软件开发手段。随着转名转名单片机开发工具的国产化和开发成本的降低, 转名转名单片机在我国有很大的应用前景。目前已提供转名转名系列国产的单片机开发工具——转名转名, 可开发该系列多种型号的产品。转名转名系列单片机的主要功能特性列于表转名中。

表转名 转名转名公司的转名转名系列单片机特性

| 型 号 | 砸云转名砸云 转名转 轴 | 砸云 轴 | 钟频率 轴 | 砸云 口线 | 定时器 计数器 | 串行口 | 中断源 | 其他主要特性 |
|------|--------------------|---------|----------|----------|------------|-----|-----|---|
| 转名转名 | 源 | 转名 | 愿 | 转名 | 转名 | — | 怨 | 看门狗 |
| 转名转名 | 源 | 转名 | 愿 | 转名 | 转名 | 转名 | 转名 | 远个愿位 转名, 看门狗 |
| 转名转名 | 源 | 转名 | 愿 | 转名 | 转名 | 转名 | 转名 | 愿个愿位 转名, 看门狗 |
| 转名转名 | 源 | 转名 | 愿 | 转名 | 转名 | 转名 | 转名 | 源个愿位 转名, 愿个愿位 转名, 看门狗 |
| 转名转名 | 源 | 转名 | 愿 | 转名 | 转名 | 转名 | 转名 | 愿个愿位 转名, 看门狗 |
| 转名转名 | 愿 | 转名 | 愿 | 转名 | 转名 | 转名 | 转名 | 看门狗 |
| 转名转名 | 愿 | 转名 | 愿 | 转名 | 转名 | 转名 | 转名 | 远个愿位 转名, 看门狗 |
| 转名转名 | 愿 | 转名 | 愿 | 转名 | 转名 | 转名 | 转名 | 愿个愿位 转名, 看门狗 |
| 转名转名 | 转名 | 转名 | 愿 | 转名 | 转名 | 转名 | 转名 | 看门狗 |
| 转名转名 | 转名 | 转名 | 愿 | 转名 | 转名 | 转名 | 转名 | 愿个愿位 转名, 转名 转名, 看门狗 |
| 转名转名 | 转名 | 转名 | 愿 | 转名 | 转名 | 转名 | 转名 | 转名控制器, 看门狗 |
| 转名转名 | 转名 | 转名 | 愿 | 转名 | 转名 | 转名 | 转名 | 转名控制器, 愿个愿位 转名, 看门狗 |
| 转名转名 | 转名 | 转名 | 愿 | 转名 | 转名 | 转名 | 转名 | 转名控制器, 看门狗 |
| 转名转名 | 转名 | 转名 | 愿 | 转名 | 转名 | — | 转名 | 转名控制器, 源个远位 |
| 转名转名 | 转名 | 转名 | 愿 | 转名 | 转名 | 转名 | 转名 | 转名, 转名 转名 转名, 怨个转名 转名, 看门狗 |
| 转名转名 | 转名 | 转名 | 愿 | 转名 | 转名 | 转名 | 转名 | 转名控制器, 转名个愿位 转名, 转名 转名 转名, 怨个转名 转名, 看门狗 |

| 型 号 | 地址译码和地址锁存 | 地址锁存 | 时钟频率 | 并行口线 | 定时器/计数器 | 串行口 | 中断源 | 其他主要特性 |
|----------|-----------|------|------|------|---------|-----|-----|-----------|
| 80C51C01 | 有 | 有 | 有 | 有 | 有 | 有 | 有 | 8个并行口，看门狗 |
| 80C51C02 | 有 | 有 | 有 | 有 | 有 | 有 | 有 | 8个并行口，看门狗 |
| 80C51C03 | 有 | 有 | 有 | 有 | 有 | 有 | 有 | 8个并行口，看门狗 |
| 80C51C04 | 有 | 有 | 有 | 有 | 有 | 有 | 有 | 8个并行口，看门狗 |
| 80C51C05 | 有 | 有 | 有 | 有 | 有 | 有 | 有 | 8个并行口，看门狗 |
| 80C51C06 | 有 | 有 | 有 | 有 | 有 | 有 | 有 | 8个并行口，看门狗 |
| 80C51C07 | 有 | 有 | 有 | 有 | 有 | 有 | 有 | 8个并行口，看门狗 |
| 80C51C08 | 有 | 有 | 有 | 有 | 有 | 有 | 有 | 8个并行口，看门狗 |
| 80C51C09 | 有 | 有 | 有 | 有 | 有 | 有 | 有 | 8个并行口，看门狗 |
| 80C51C10 | 有 | 有 | 有 | 有 | 有 | 有 | 有 | 8个并行口，看门狗 |

其他公司的单片机

除以上介绍的单片机外，还有Intel公司的80C51、80C52和80C55系列单片机；Mitsubishi公司的74C51系列8位单片机和74C52系列16位单片机；Motorola公司的6801系列8位单片机、6802系列16位单片机和6803系列32位单片机；美国国家半导体公司（National Semiconductor）的78C51系列8位单片机、78C52系列16位单片机和78C55系列32位单片机；在80C51系列单片机等。另外还有许多单片机未能列入，有兴趣读者可查阅有关资料。

单片机的应用领域和应用方式

由于单片机具有体积小、重量轻、价格便宜、功耗低，控制功能强及运算速度快等特点，因而在国民经济建设、军事及家用电器等各个领域均得到了广泛的应用。对各个行业的技术改造和产品的更新换代起到重要的推动作用。

单片机在智能仪表中的应用

单片机广泛地应用于实验室、交通运输工具、计量等各种仪器仪表之中，使仪器仪表智能化，提高它们的测量精度，加强其功能，简化仪器仪表的结构，使仪器仪表便于使用、维护和改进。例如：电度表校验仪，电阻、电容、电感测量仪，船舶航行状态记录仪，烟叶水分测试仪，智能超声波测厚仪等。

单片机在机电一体化中的应用

机电一体化是机械工业发展的方向。机电一体化产品是指集机械技术、微电子技术、自动化技术和计算机技术于一体，具有智能化特征的机电产品。例如：微机控制的铣床、车床、钻床、磨床等。微型单片机的出现促进了机电一体化，它作为机电产品中的控制器，能充分发挥它的体积小、可靠性高、功能强、安装方便等优点，大大强化了机器的功能，提高了机器的自动化、智能化程度。

单片机在实时控制中的应用

单片机也广泛地用于各种实时控制系统中，如对工业上各种窑炉的温度、酸度、化学成分的控制。将测量技术、自动控制技术和单片机技术相结合，充分发挥数据处理和实

时控制功能，使系统工作于最佳状态，提高系统的生产效率和产品的质量。在航空航天、通信、遥控、遥测等各种实时控制系统中都可以用单片机作为控制器。

灑单片机在分布式多机系统中的应用

分布式多机系统具有功能强、可靠性高的特点。在比较复杂的系统中，都采用分布式多机系统。系统中有若干台功能各异的计算机，各自完成特定的任务，它们又通过通信相互联系、协调工作。单片机在这种多机系统中，往往作为一个终端机，安装在系统的某些节点上，对现场信息进行实时的测量和控制。高档的单片机多机通信（并行或串行）功能很强，它们在分布式多机系统中将发挥很大作用。

纒单片机在家用电器等消费类领域中的应用

家用电器等消费类领域的产品特点量多面广。单片机应用到消费类产品之中，能大大提高它们的性能价格比及市场竞争力，因而受到用户的青睐。目前家用电器几乎都是单片机控制的电脑产品，例如：空调、冰箱、洗衣机、微波炉、彩电、音响、家庭报警器、电子宠物等。

猿猿 习题

灑单片机内部至少应包含哪些部件？

灑根据程序存储器的差别，单片机可以分为哪几种类型？

灑单片机的主要特点是什么？它适宜构成通用微机系统还是专用微机系统？为什么？

灑研制微机应用系统时，如何选择单片机的型号？